

IDENTIFIKASI PERSEBARAN LITOLOGI RESERVOAR BATUPASIR MENGUNAKAN ANALISIS SEISMIK INVERSI IMPEDANSI ELASTIK DI LAPANGAN NAJLAA FORMASI CIBULAKAN CEKUNGAN JAWA BARAT UTARA

Harsano Jayadi

*Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, 94118, Indonesia
Email: harsanoj@gmail.com*

Abstrak

*Telah dilakukan inversi terhadap data seismik PSTM 3D lapangan NAJLAA, Cekungan Jawa Barat Utara. Metode yang digunakan yaitu inversi impedansi elastik untuk mengidentifikasi pola penyebaran litologi dan fluida hidrokarbon dari reservoir batupasir di lapisan Z.2210 Formasi Cibulakan. Inversi AVO dilakukan untuk mendapatkan intercept, gradient, reflektivitas impedansi elastik, near angle stack dan far angle stack. Analisis grafik AVO dan atribut angle stack untuk mengetahui respon amplitudo terhadap offset digunakan untuk menentukan kelas anomali AVO. Dari hasil analisis sensitifitas menunjukkan bahwa impedansi elastik dengan sudut 30° paling sensitif dalam pemisahan litologi batupasir dan serpih. Sehingga proses inversi impedansi elastik dengan sudut 30° terbukti paling sensitif dalam pemetaan penyebaran litologi. Selanjutnya dilakukan analisis crossplot antara log impedansi elastik sudut 30° terhadap log gamma ray untuk membedakan litologi batupasir dan crossplot antara log lambda-rho terhadap log gamma ray untuk menentukan adanya indikasi fluida hidrokarbon. Hasil analisis AVO menunjukkan bahwa respon pada lapisan Z.2210 termasuk dalam anomali AVO kelas IIP yang terletak pada twt 1794 ms sampai 1799 ms di sumur UI-10. Pemetaan inversi impedansi elastik dengan sudut 30° inline 1141 menunjukkan bahwa litologi batupasir zona target mempunyai nilai 1410 (m/s)²*gr/cc sampai 1570 (m/s)²*gr/cc dengan daerah penyebaran batupasir pada reservoir lapisan Z.2210 memiliki orientasi arah timur laut-barat daya.*

Kata kunci: *Inversi; AVO; Impedansi Elastik*

Abstract

*An inversion has been carried out against the seismic data of PSTM 3D at Najlaa field in the Northern West Java basin. The method used is elastic impedance to identify lithology and hydrocarbon distribution of sandstones reservoir in the layer of Cibulakan Formation, Z.2210. AVO inversion has been carried out to get intercept, gradient, elastic impedance reflectivity, near angle stack, and angle stack. The AVO graph analyzing and angle stack attribute are used to determine amplitude response of the offset used to determine AVO anomaly class. From the result of sensitivity analysis showed that elastic impedance has the most sensitivity in the separation of sandstones lithology and mudstones in the angle of 30 degree. It is approved in the mapping of lithology distribution. Further crossplot analysis has been carried out between elastic impedance log angle in 30 degree against gamma ray log to distinguish sandstones lithology and crossplot between lambda-rho log to gamma ray log to determine the indication of hydrocarbon fluids. The result of AVO analysis showed the response in the layer Z.2210 included in IIP AVO anomaly located at twt 1794 ms to 1799 ms in UI-10 well logging. Elastic Impedance mapping 30 degree inline 1141 showed that target zone of sandstones lithology has a value of 1410 (m/s)²*gr/cc to 1570 (m/s)²*gr/cc with region spread of the sandstones distribution in reservoir layers Z.2210 which has an orientation toward Northeast-Southwest.*

Keywords: *Inversion; AVO; Elastic Impedance*

PENDAHULUAN

Saat ini kegiatan karakterisasi *reservoir* merupakan tahapan yang penting dalam mempelajari dan mencari cadangan minyak dan gas. Dalam karakterisasi *reservoir* diperlukan suatu parameter fisika batuan yang dapat digunakan untuk membedakan kontras impedansi yang diakibatkan oleh efek fluida dan litologi.

Seismik inversi pada awalnya menggunakan data *stack zero-offset* (yaitu data *stack* pada sudut datang gelombang 0° atau tegak lurus bidang pantul) untuk menghasilkan impedansi akustik (*AI*). Tetapi teknik ini dinilai memiliki keterbatasan karena terkadang banyak dijumpai nilai *AI* untuk beberapa litologi memiliki nilai yang hampir sama (*overlapping*). Goodway dkk. [1] memperkenalkan suatu metode baru dalam inversi *Amplitude Variation with Offset (AVO)* yang berdasarkan pendekatan parameter lame yaitu Lambda, Mu dan Rho (LMR). Connolly [2] mengenalkan konsep baru mengenai *elastic impedance (EI)* dengan menggunakan data *pre-stack* dan data sumur sebagai inputnya dengan cara melakukan *partial stack* data seismik pada sudut datang tertentu

DASAR TEORI

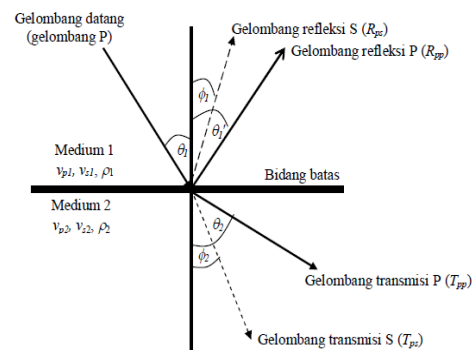
Metode seismik memanfaatkan perambatan gelombang elastis ke dalam bumi yang mentransfer energi gelombang menjadi pergerakan partikel batuan. Dimensi gelombang elastik atau gelombang seismik jauh lebih besar bila dibandingkan dengan dimensi pergerakan partikel batuan tersebut. Meskipun demikian penjalaran gelombang seismik dapat diterjemahkan dalam bentuk kecepatan dan tekanan partikel yang disebabkan oleh getaran selama penjalaran gelombang tersebut. Metode seismik refleksi menggunakan energi gelombang yang dipantulkan ini untuk menafsirkan keadaan bawah permukaan.

Sifat fisika batuan dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi batuan suatu *reservoir*. Sifat fisis ini akan menentukan bagaimana kelakuan penjalaran gelombang di dalam batuan. Sifat fisis batuan tersebut diantaranya kecepatan gelombang P, kecepatan gelombang S dan densitas yang besarnya ditentukan oleh tipe matriks, porositas dan fluida pengisi pori. Gelombang yang merambat

di bawah permukaan adalah gelombang P (*pressure wave*) dan gelombang S (*shear wave*). Gelombang S tidak merambat dalam zat cair dan besarnya kecepatan tergantung pada sifat elastik batuan.

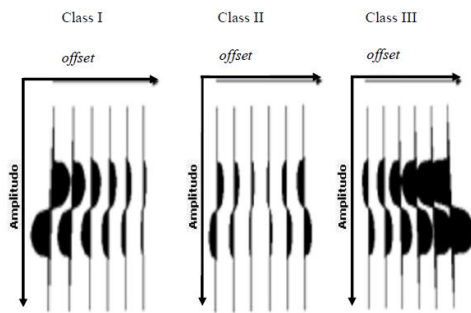
AVO (Amplitude Variation with Offset) adalah analisa perubahan amplitudo sinyal terpantul sebagai fungsi dari *offset*. Variasi dari amplitudo terhadap *offset* ini disebabkan oleh adanya variasi dari koefisien refleksi sebagai akibat dari sudut gelombang datang yang bervariasi juga. Semakin besar *offset* maka semakin besar pula sudut datangnya.

Pada saat gelombang P yang datang mengenai batas antara dua lapisan dengan sudut tidak sama dengan nol dari garis vertikal, maka gelombang datang P akan mengalami konversi menjadi refleksi gelombang P (R_{pp}), refleksi gelombang S (R_{ps}), transmisi gelombang P (T_{pp}) dan transmisi gelombang S (T_{ps}) sehingga besarnya koefisien refleksi bergantung dari kecepatan gelombang P (v_p), kecepatan gelombang S (v_s) dan densitas (ρ) dari setiap lapisan [3].



Gambar 1. Refleksi dan transmisi gelombang P untuk sudut datang tidak sama dengan nol [3]

Rutherford dan Williams [4] mempublikasikan klasifikasi anomali *AVO* yang membagi anomali *AVO* (berdasarkan kandungan minyak dan gas) menjadi tiga kelas yaitu Kelas I (*high impedance contrast sands*), Kelas II (*near-zone impedance contrast sands*), Kelas III (*low impedance contrast sands*) yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Castagna [5] memperkenalkan *sandstone* kelas IV setelah ia melakukan *crossplot AVO* berdasarkan klasifikasi Rutherford dan Williams.



Gambar 2. Amplitudo terhadap *offset* untuk Klasifikasi Rutherford dan Williams [4].

Perbedaan prinsip dasar impedansi elastik dengan impedansi akustik adalah pada impedansi elastik gelombang datang tidak diasumsikan tegak lurus terhadap bidang pantul sehingga mengikuti hukum Snellius yang mengatakan bahwa ketika suatu gelombang melewati batas antara 2 medium isotropik, gelombang akan berubah arah dan akan menghasilkan gelombang P dan gelombang S yang dipantulkan maupun diteruskan.

Connolly [2] mengenalkan konsep *EI* sebagai generalisasi *AI* untuk beberapa sudut datang. *EI* merupakan pendekatan yang diturunkan dari linearisasi persamaan Zoeppritz (pendekatan Aki dan Richards, 1980). *EI* merupakan fungsi dari kecepatan gelombang P (v_p), gelombang S (v_s), densitas (ρ) dan sudut datang (θ) sehingga dapat dihasilkan seismogram sintetik untuk beberapa sudut datang.

$$EI(\theta) = v_p (1 + \tan^2 \theta) v_s (-2K \sin^2 \theta) \rho (1 - \tan^2 \theta)$$

Gelombang S tidak dipengaruhi oleh fluida, sehingga nilai impedansi elastik akan memiliki beberapa kelebihan karena akan lebih mudah dimengerti dan diinterpretasikan oleh banyak pihak. Jika dapat diinversikan, maka persebaran litologi dapat dipetakan dan diaplikasikan sebagai alat untuk litologi *mapping*.

Model geologi yang dihasilkan oleh seismik inversi adalah model impedansi diantaranya berupa impedansi akustik dan impedansi elastik yang merupakan parameter dari suatu lapisan batuan, bukan merupakan parameter batas lapisan seperti koefisien

refleksi. Oleh karena itu, hasil seismik inversi lebih mudah untuk dipahami dan lebih mudah untuk diinterpretasi. Dari model impedansi ini dapat dikorelasikan secara kuantitatif dengan parameter fisik dari reservoir yang terukur pada sumur seperti porositas, saturasi air dan sebagainya. Apabila korelasi antara hasil inversi dan data sumur cukup baik, maka hasil inversi dapat digunakan untuk memetakan parameter data sumur tersebut pada data seismik.

METODE

Dalam penelitian digunakan dua perangkat utama yaitu perangkat keras dan perangkat lunak, dengan rincian sebagai berikut:

Perangkat keras terdiri dari:

1. *Central Processing Unit*: Redhat Enterprise Linux AS 5.
2. Dua buah LCD monitor Samsung SyncMaster 24 inch.
3. Server: SGI altix 450/Suse Linux Enterprise Server 9.0, 32 GB, 32 X 2,6 GHz Processor.
4. *Network*: Gigabit 1 Gb/s
5. Satu unit Laptop HP Compaq T3400

Penelitian ini menggunakan *operating system* Red Hat Enterprise Linux 5. Perangkat lunak untuk pengolahan data data yaitu:

1. Probe EPOS 4.0 untuk pengolahan inversi atribut *AVO* yaitu parameter *gradient*, *normal incident* dan *reflectivity volume*.
2. Vanguard EPOS 4.0 untuk pembuatan *background model*, pengolahan inversi impedansi elastik dan pembuatan peta persebarannya.
3. *Microsoft Office* (*word*, *powerpoint*), sebagai sarana penyajian data, dan presentasi hasil penelitian.

Data seismik yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data Seismik 3D *Pre Stack Time Migration (PSTM)* dan *CRP (Common Receiver Point) gather* dengan klasifikasi:

- a. *Inline* : 1080-1280
- b. *Crossline* : 4140-4365
- c. Jarak antar *inline* : 25 meter
- d. Jarak antar *crossline* : 25 meter
- e. *Interval time* : 0-3500 ms
- f. *Sampling rate* : 2 ms

Sumur dalam penelitian ini ada 2 buah, masing masing sumur dilengkapi dengan *well*

marker dan data log. *Well marker* memberikan informasi mengenai kedalaman lapisan batuan atau formasi batuan yang ada di daerah penelitian. Biasanya, data ini digunakan untuk menentukan batas lapisan, misalnya *top* formasi dan *bottom* formasi yang digunakan untuk tahap pemrosesan dan interpretasi. Data log sumur yang digunakan meliputi: log kecepatan gelombang P (v_p), log kecepatan gelombang S (v_s), log densitas, log gamma ray (GR), log impedansi elastik, dan log lambda-rho. Data model kecepatan digunakan untuk menampilkan jejak sinar (*ray tracing*) yang mempunyai informasi sudut datang gelombang seismik (*angle of incidence*). Data yang digunakan adalah model kecepatan *root mean square* (rms).

Pengolahan data dalam penelitian ini terdiri dari dua kegiatan utama yaitu tahap pengolahan data sumur dan pengolahan data seismik. Pada tahap pengolahan data sumur dilakukan beberapa langkah yaitu membuat log turunan, seismogram sintetik, *well seismic tie*, dan analisis sensitifitas data sumur (*crossplot* antar log). Pada tahap pengolahan data seismik juga dilakukan beberapa langkah yaitu tes kelayakan, persiapan data prekondisi AVO, analisis grafik AVO, membuat reflektivitas impedansi elastik, *background* model dan proses inversi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selain data seismik, data lain yang digunakan dalam proses inversi ini adalah data sumur. Data sumur berfungsi sebagai kontrol dalam interpretasi baik dalam pembuatan *background model* maupun dalam korelasi sumur. Beberapa data log yang didapatkan antara lain yaitu log v_p , log v_s , log gamma ray, log neutron dan log densitas. Dari data log utama ini, kemudian diturunkan data log baru yaitu log impedansi elastik dan log lambda-rho.

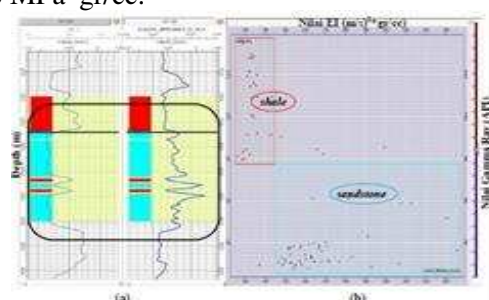
Pada sumur UI-10 zona target berada pada waktu antara 1794.736 ms sampai 1799.265 ms (kedalaman 2312 meter sampai 2325 meter). Pada waktu dan kedalaman tersebut terdapat litologi batupasir dan interval ini merupakan zona *reservoir* daerah target. Pada sumur UI-08 zona target berada pada waktu antara 1789.716 ms sampai 1795.322 ms (kedalaman 2389.044 meter sampai 2403.753 meter). Pada waktu dan kedalaman

tersebut diinterpretasikan tidak terdapat litologi batupasir.

Analisis sensitifitas data log sumur dilakukan dengan cara membuat *cross section* dan *crossplot* antara log impedansi elastik terhadap log yang ada di sumur UI-10. Analisis sensitifitas ini penting dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter yang dapat dijadikan indikator dalam membedakan litologi dan fluida. *Crossplot* dilakukan antara log impedansi elastik dengan log gamma ray untuk membedakan litologi dan log lambda-rho di *crossplot* dengan log gamma ray. Penggunaan log gamma ray sudah terbukti bagus dalam memisahkan *reservoir* batupasir (*sandstone*) terhadap litologi yang mengandung serpih (*shale*) serta log lambda-rho untuk mengindikasikan adanya fluida hidrokarbon.

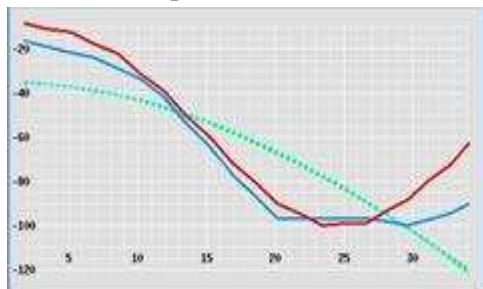
Dari hasil *crossplot* tersebut dapat diperoleh tingkat sensitifitas yang baik dalam pemisahan litologi batupasir (*sandstone*) dengan serpih (*shale*). Hal ini bisa didapatkan dengan melihat langsung batas antara lapisan *permeable* dengan *impermeable* berdasarkan nilai gamma ray. Zona *permeable* mulai teridentifikasi pada saat gamma ray memiliki nilai 28 API sampai 62 API dan di atas 62 API merupakan zona *impermeable*. Oleh karena itu, nilai gamma ray 62 API sampai 78 API dianalisis sebagai nilai gamma ray *cut off*.

Dari hasil *crossplot* antara log lambda-rho dengan log gamma ray didapatkan zona batupasir (*sandstone*) yang mengandung fluida hidrokarbon yang ditandai dengan nilai log lambda-rho besar. Zona batupasir yang teridentifikasi yang mengandung fluida hidrokarbon diperlihatkan pada nilai log lambda-rho 48 MPa*gr/cc sampai 83 MPa*gr/cc dan di bawah 48 MPa*gr/cc merupakan zona batulempung. Oleh karena itu diperoleh nilai *cut off* dari batupasir (*sandstone*) mengandung fluida dengan serpih (*shale*) mengandung pada *crossplot* ini adalah 46 MPa*gr/cc.



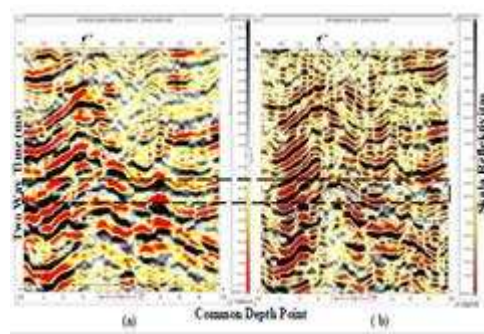
Gambar 3. (a) *Cross section* log gamma ray dengan log impedansi elastik sudut 30° dan (b) *Crossplot* antara log gamma ray dengan log impedansi elastik sudut 30°

Berdasarkan grafik *amplitude vs angle* (Gambar 4), di sekitar sumur UI-10 horizon Z.2210 mempunyai indikasi adanya keberadaan fluida hidrokarbon karena adanya anomali AVO. Hal ini ditunjukkan oleh adanya perubahan amplitudo terhadap kenaikan sudut. Amplitudo awal yang bernilai negatif semakin membesar sampai pada sudut tertentu, setelah itu terjadi perubahan pola yakni karena semakin meningkatnya sudut datang, amplitudonya tetap bernilai negatif. Perubahan amplitudo dapat juga dilihat pada penampang *near angle stack* (*stack* pada sudut datang 0°-15°), *top* horizon Z.2210 memiliki nilai reflektivitas $-2e+10$ sampai $-5e+10$, yang ditandai dengan warna hitam tidak terang, sedangkan pada penampang *far angle stack* (*stack* pada sudut datang 20° sampai 35°), *top* horizon Z.2210 memiliki nilai reflektivitas $-6e+10$ sampai $-1.2e+11$, yang ditandai dengan hitam terang. Menurut klasifikasi Rutherford dan Williams [4], anomali AVO di atas termasuk kelas IIP.



Gambar 4. Plot amplitudo terhadap sudut pada data *CRP gather* di sekitar sumur UI-08 dan UI-10 horizon Z.2210 pada TWT 1796 ms

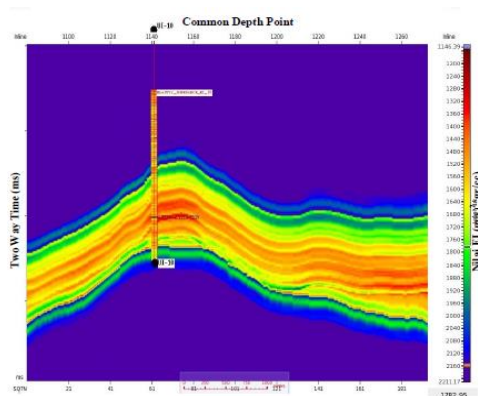
Analisis AVO merupakan analisis variasi koefisien refleksi, variasi dapat disebabkan adanya perbedaan kecepatan gelombang P dan kecepatan gelombang S pada batas perlapisan. Hasil penggunaan atribut *intercept* dalam penelitian bernilai positif dan atribut *gradient* bernilai negatif pada zona yang diindikasikan terdapat fluida hidrokarbon.



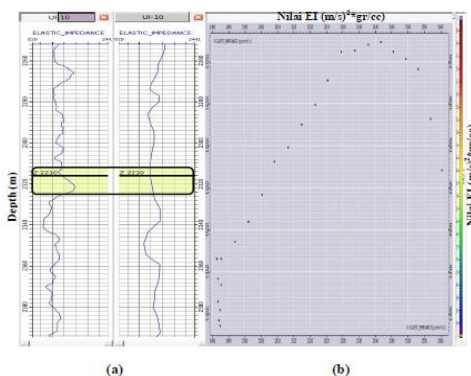
Gambar 5. Atribut AVO (a) *Intercept* dan (b) *Gradient*

Salah satu masukan dalam proses inversi adalah *background model*. *Background model* ini digunakan sebagai tambahan data frekuensi rendah untuk memberikan jangkauan frekuensi yang lebih lebar dari data seismik yang *bandlimited*.

Hasil akhir dari pembuatan *background model* adalah *volume* log impedansi elastik dan *volume* log lambda-rho yang diharapkan mencerminkan bentuk atau fitur-fitur geologi yang ada di bawah permukaan. Hasil kalibrasi antara log impedansi elastik dengan sudut 30° ekstraksi *background model* dengan log impedansi elastik dengan sudut 30° turunan dari log utama dan ekstraksi *background model* log lambda-rho dengan log turunan didapat nilai korelasi sebesar 0.60 dan 0.91. Nilai korelasi yang didapatkan sudah bagus sehingga *background model* impedansi elastik sudut 30° dan lambda-rho sudah bisa digunakan sebagai input dalam proses inversi. *Crossplot* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat hubungan hasil inversi sehingga dilakukan kalibrasi dengan cara mengekstrak log impedansi elastik dengan sudut 30° hasil inversi dan membandingkan hasilnya dengan impedansi elastik dengan sudut 30° turunan dari log utama seperti yang diperlihatkan Gambar 6. Hasil *overlay* dan *crossplot* (Gambar 6 dan Gambar 7), menunjukkan bahwa antara impedansi elastik dengan sudut 30° hasil inversi dengan impedansi elastik dengan sudut 30° dari data sumur memiliki korelasi yang cukup baik karena secara umum *trend* dari impedansi elastik dengan sudut 30° telah mengikuti kurva log sumur. Nilai korelasi yang diperoleh sangat baik yaitu 0.84.



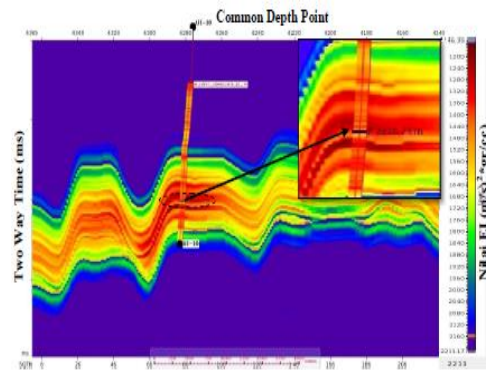
Gambar 6. Overlay antara data log impedansi elastik dengan sudut 30° hasil inversi terhadap log turunan impedansi elastik dengan sudut 30° *crossline* 4260



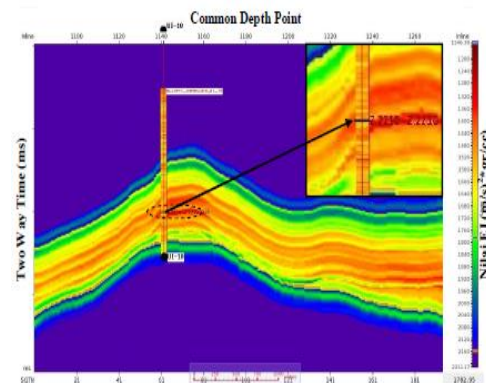
Gambar 7. (a) Perbandingan antara log impedansi elastik dengan sudut 30° log sumur (kiri) dengan log impedansi elastik dengan sudut 30° hasil inversi (kanan), (b) Korelasi antara log impedansi elastik dengan sudut 30° sumur dengan log impedansi elastik dengan sudut 30° hasil inversi

Untuk mendapatkan penampang impedansi elastik dengan sudut 30° dilakukan pemetaan secara vertikal pada daerah zona target. Dua arah pemetaan yang digunakan yaitu arah *inline* (utara-selatan) dan arah *crossline* (barat-timur). Gambar 8 memperlihatkan hasil inversi impedansi elastik dengan sudut 30° pada posisi *inline* 1141. Gambar 9. memperlihatkan hasil inversi impedansi elastik dengan sudut 30° pada posisi *crossline* 4260. Pemilihan sudut 30° berdasarkan analisis sensitifitas data *crossplot* impedansi elastik dengan gamma ray, parameter impedansi elastik dengan sudut 30°

merupakan parameter yang paling sensitif terhadap perubahan litologi atau batuan.



Gambar 8. Penampang hasil inversi impedansi elastik dengan sudut 30° arah utara-selatan (*inline* 1141)

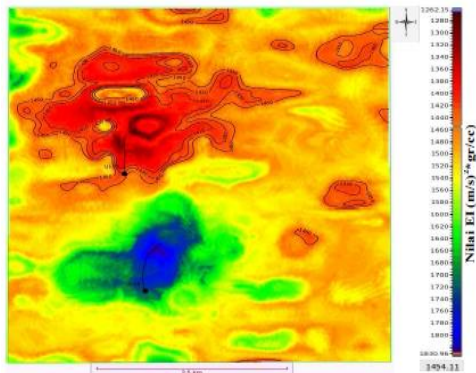


Gambar 9. Penampang hasil inversi impedansi elastik dengan sudut 30° arah barat-timur (*crossline* 4260)

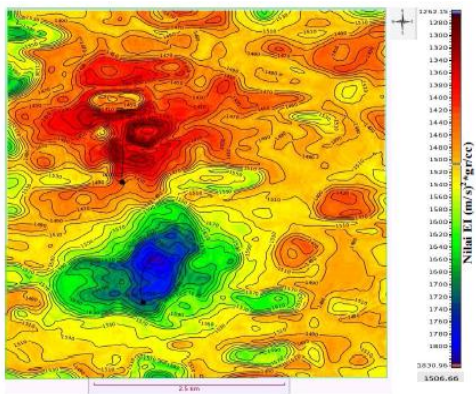
Hasil inversi *reservoir* batupasir (*sandstone*) memiliki nilai impedansi elastik berkisar 1460 (m/s)²*gr/cc sampai 1570 (m/s)²*gr/cc yang ditunjukkan dengan warna merah sampai orange, sedangkan untuk serpih (*shale*) yang berada di atas dan di bawahnya memiliki nilai impedansi elastik berkisar 1146 (m/s)²*gr/cc sampai 1400 (m/s)²*gr/cc yang ditunjukkan dengan warna merah tua dan 1600 (m/s)²*gr/cc sampai 1800 (m/s)²*gr/cc ditunjukkan dengan warna kuning sampai hijau muda.

Untuk mengetahui persebaran nilai impedansi elastik pada horizon Z.2210 secara lateral, maka dilakukan pemetaan pada penampang impedansi elastik dengan sudut 30°. Pemetaan ini dilakukan dengan cara menyayat (*slicing*) *volume* impedansi elastik dengan menggunakan horizon Z.2210 (horizon

slice). Teknik horizon *slicing* ini dapat menyajikan nilai impedansi elastik sepanjang lapisan Z.2210. Jika dioverlay dengan peta *time migrated* horizon, maka akan didapatkan persebaran nilai impedansi elastik pada peta *slice* tersebut. *Slicing* dilakukan dengan menggunakan *window interval* 2 ms ke atas dan 5 ms ke bawah Z.2210.



Gambar 10. Peta *slice migrated* horizon Z.2210 hasil inversi impedansi elastik dengan sudut 30°



Gambar 11. Peta *slice migrated* horizon Z.2210 hasil inversi impedansi elastik dengan sudut 30° overlay dengan peta *time migrated* horizon dengan tebal 2 ms ke atas dan 5 ms ke bawah horizon

Gambar 10. memperlihatkan *slicing* hasil inversi impedansi elastik dengan sudut 30° , dengan daerah yang ditandai dengan garis hitam merupakan daerah dengan nilai impedansi elastik yang diidentifikasi sebagai batupasir (*sandstone*). Kenampakan *slicing* horizontal pada Gambar 11. memperlihatkan dengan jelas bahwa arah distribusi dan berkembangnya *reservoir* sekitar sumur UI-10 di lapangan “Najlaa” relatif berarah timur laut-barat daya, hal ini didukung oleh peta *time*

horizon. Litologi batupasir pada Z.2210 ini diwakili dengan nilai impedansi elastik ditandai dengan warna orange dengan kisaran nilai antara 1410 (m/s)²*gr/cc sampai 1460 (m/s)²*gr/cc. Nilai ini memiliki korelasi yang cukup setara dengan kisaran nilai untuk litologi batupasir pada analisis sensitifitas yang berkisar antara 1460 (m/s)²*gr/cc sampai 2360 (m/s)²*gr/cc. Zona *reservoir* batupasir yang dilingkari dengan warna hitam dibatasi di sekitar sumur UI-10 daerah penelitian, karena memang di sekitar sumur UI-10 memiliki nilai impedansi elastik rendah yang mengindikasikan litologi batupasir (*sandstone*).

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Besar sudut impedansi elastik yang sensitif terhadap pemisahan litologi batupasir (*sandstone*) dan serpih (*shale*) adalah 30°.
2. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa daerah dengan zona target Z.2210 dengan kedalaman 2312 meter sampai 2325 meter pada sumur UI-10 merupakan daerah yang tergolong anomali AVO kelas IIP sesuai dengan klasifikasi Rutherford dan Williams.
3. Hasil penelitian dengan penampang hasil inversi impedansi elastik dengan sudut 30° *inline* 1141 memperlihatkan bahwa litologi batupasir (*sandstone*) pada zona target Z.2210 sebesar 1410 (m/s)²*gr/cc sampai 1570 (m/s)²*gr/cc.
4. Pola persebaran *reservoir* batupasir pada zona target Z.2210 terdapat di sekitar sumur UI-10 memiliki orientasi arah timur laut-barat daya yang diindikasikan dengan nilai impedansi yang rendah sedangkan fluida hidrokarbonnya memiliki orientasi arah utara-tenggara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kepada Bapak Prof. Sismanto, M.Si atas bimbingannya selama penulis menyelesaikan penelitian ini. Selanjutnya penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Muhammad Mualimin, S.Si.,M.T atas izin dan penggunaan data di Pertamina EP Cirebon yang sekaligus sebagai pembimbing lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Goodway, B., Chen, T., and Downton, J., 1997. *Improved AVO fluid detection and lithology discrimination using Lamé petrophysical parameter; " $\lambda\rho$ ", " $\mu\rho$ ", and " λ/μ " fluid stack, from P and S inversion*. CSEG Recorder.
2. Connolly, P., 1999. *Elastic Impedance*. The Leading Edge, April Issue ,438-452.
3. Yilmaz, O., 2001. *Seismic Data Analysis: Processing, Interpretation and Inversion*. Society of exploration Geophysics.
4. Rutherford, S., and Williams, R., 1989. *Amplitude Versus Offset Variation in Gas Sands*. Geophysics 54, 680-688.
5. Castagna, J.P., Swan, H.W., and Foster, D.J., 1998. *Framework For AVO Gradient and Intercept Interpretation*. Geophysics, 63, 948-956.